1. TP : Rétrogradation de Mars et orbite de la Lune

A – Rétrogradation de Mars

1.1. Préparation du TP

- *Fiche 1 : sur leurs orbites respectives, placer les positions de la Terre et de Mars aux dates des diapositives 2-15 et 17-18.*
- *Démontrer la relation* $\frac{1}{T_0} = \frac{1}{T_T} - \frac{1}{T_M}$ *entre la période* T_0 *des oppositions*[1] *de Mars et les périodes de révolution* T_T *de la Terre et* T_M *de Mars.*

1.2. Objectifs du TP

- Tracer le mouvement apparent de Mars dans le référentiel géocentrique, lors de la rétrogradation de 1990-1991 à partir d'une série de diapositives puis à partir des mouvements héliocentriques de la Terre et de Mars. Analyser ce mouvement.
- Apprendre l'utilisation d'un planétaire pour déterminer la visibilité des planètes.

1.3. Evaluation

Pendant la séance : l'enseignant évalue la précision du tracé de la trajectoire apparente de Mars.

Après la séance : rédiger un compte rendu incluant les réponses aux questions de la préparation, les mesures et les résultats clairement présentés et discutés.

1.4. Matériel

Matériel et données disponibles pour le TP :

- série de diapositives,
- banc de projection,
- planétaire
- logiciel de simulation des mouvements planétaires
- données sur les mouvements planétaires (annexe A)
- description des diapositives (annexe A)

Le logiciel peut servir à visualiser les positions et mouvements étudiés (Voir le mode d'emploi en annexe).

Les données utiles sont regroupées dans les annexes, à la fin de ce polycopié, et dans le résumé de cours.

1.5. Projection des diapositives

[1] Opposition d'une planète : alignement Soleil-Terre-Planète, dans cet ordre.

On utilise le banc d'optique avec la lentille convergente de 20 *cm* de distance focale pour projeter les diapositives (**Surtout ne pas mettre les doigts sur les diapositives mais les manipuler par leur cadre plastique**).

Pour une bonne qualité de la projection, procéder aux réglages du banc d'optique :

- aligner le support des diapositives et celui de la lentille.
- régler les positions du support diapo, de la lentille et de l'écran pour obtenir une image nette d'environ 20 *cm* de large sur l'écran. Régler la lanterne pour que la plus grande partie possible de la diapositive soit éclairée. **Fixer les supports et ne plus les déplacer** afin de conserver la même échelle pour la projection de toutes les diapositives.

1.6. Trajectoire apparente de Mars vu depuis la Terre

1.6.1. Vue d'ensemble

Projeter rapidement la suite des 20 diapositives pour se familiariser au repérage des principaux astres (Utiliser la description des diapos en annexe). La projection est à l'endroit si la légende de la diapositive est tête en bas, face à la lanterne de projection.

Identifier le mouvement de Mars et ses changements d'éclat.

1.6.2. Tracé de la trajectoire apparente

Projeter la diapositive n°1 et reproduire fidèlement sur une feuille la position de toutes les étoiles-repère visibles sur cette diapositive.

Sur la même feuille, reporter, en les numérotant, les positions de Mars fournies par les diapositives 2 à 15 (Privilégier à chaque fois la coïncidence des étoiles-repère au voisinage de Mars).

Ranger toutes les diapositives.

Rendre avec le compte-rendu cette feuille reproduisant la trajectoire de Mars ainsi que le champ stellaire traversé. Indiquer le sens du déplacement apparent de Mars.

1.7. Trajectoire héliocentrique et trajectoire géocentrique

1.7.1. Référentiel héliocentrique

Sur la bande zodiacale du référentiel héliocentrique (Fiche 1), placer les limites des 13 constellations zodiacales (Utiliser le planétaire).

La fiche 1, complétée sera jointe au compte-rendu.

1.7.2. Référentiel géocentrique

Sur un papier calque, schématiser le référentiel géocentrique par un repère cartésien dont l'axe des abscisses coïncide avec la direction du point vernal ($S\gamma$).

Sur ce calque, reproduire le mouvement de Mars dans le référentiel géocentrique.

Joindre au compte rendu de TP le calque avec la trajectoire de Mars dans le référentiel géocentrique.

1.7.3. Analyse des mouvements dans les référentiels héliocentrique et géocentrique

Déterminer à quelles dates, pour un observateur terrestre, Mars traverse les limites entre les constellations zodiacales ainsi que la date de l'opposition [(1)]. Vérifier la date trouvée au moyen logiciel CLEASTRO.

Calculer la période des oppositions de Mars en utilisant sa relation avec les périodes de révolution de la Terre et de Mars. Exprimer le résultat en années et jours.

En 1990-1992, quelle ont été les valeurs extrêmes de la distance entre la Terre et Mars ? En supposant constant l'éclairement solaire sur Mars, quel est le rapport entre l'éclat maximal et l'éclat minimal de Mars pendant cette période ?

Regrouper ces résultats et leur justification dans le compte rendu de TP.

1.8. Visibilité des planètes

Utiliser le planétaire pour déterminer les planètes visibles la nuit à la date où vous faites le TP.

Donner, dans le compte-rendu, la date de la séance de TP, les planètes visibles la nuit et les constellations dans lesquelles on peut les trouver.

B – Orbite de la Lune

1.9. Préparation du TP

- *Démontrer que les distances Terre-Lune sont inversement proportionnelles aux diamètres qu'on peut mesurer sur les photos.*
- *Etablir l'approximation de l'orbite elliptique par un cercle (voir paragraphe 1.15)*

1.10. Objectif du TP

Déterminer les caractéristiques de l'orbite de la Lune à partir de documents photographiques.

1.11. Evaluation

Après la séance : rédiger un compte rendu incluant les réponses aux questions de la préparation, les mesures et les résultats clairement présentés et discutés.

1.12. Matériel

Matériel et données disponibles pour le TP :

- série de photos de la Lune,
- données sur le mouvement de la Lune (annexe B)
- description des photos (annexe B)
- abaques de cercles de diamètres compris entre 70 *mm* et 96 *mm*, tracées sur un support transparent.

Les données utiles sont regroupées dans l'annexe, à la fin de ce polycopié.

1.13. Mesures

Pour chaque photo, déterminer le plus précisément possible le diamètre de la Lune (de la précision de ces mesures dépend celle de tout le reste du travail) et déduire la distance *TL*. Pour faire des mesures précises, **utiliser les documents originaux** (restant dans la salle de TP) mais pas les reproductions de ce polycopié.

Reporter les résultats dans le compte-rendu.

1.14. Orbite de la Lune

1.14.1. Représentation de l'orbite

Sur le graphique (Fiche 2), la Terre est représentée par le point *T*. Choisir une échelle pour représenter l'orbite de la Lune.

En utilisant les mesures précédentes et les informations de l'annexe, reporter les 13 positions de la Lune L_i ($13 \geq i \geq 1$) correspondant à chaque photo. On admettra que le plan de l'orbite lunaire peut être confondu avec celui de l'écliptique et on indiquera l'échelle choisie.

1.14.2. Caractéristiques de l'orbite

Pour déterminer l'excentricité *e* et le demi grand axe *a* de l'orbite lunaire, on fait une approximation au 1er ordre en *e* : on assimile l'ellipse à un cercle ayant même centre *O*, la Terre *T* se trouvant à l'un des foyers de l'ellipse. Les relations caractéristiques d'une ellipse sont : $e = \frac{OT}{a}$ et $b = a\sqrt{1-e^2}$, *b* étant le demi petit axe.

***Préparation** : montrer que, pour $e << 1$, au premier ordre en e, on peut remplacer l'ellipse par un cercle (approximation $a \cong b$) mais pas négliger l'écart OT entre la Terre et le centre du cercle.*

1.14.3. Approximation de l'orbite par un cercle

Par approximation successives, tracer le cercle qui passe au mieux parmi les 13 points d'observation. Indiquer la position du centre *O*.

A partir du centre *O* et du foyer *T* de l'ellipse, déduire la valeur de l'excentricité de l'orbite de la Lune.

Donner la valeur de l'excentricité et son incertitude. Sur le graphique, tracer le grand axe et le petit axe de l'ellipse, placer le périgée et l'apogée et déterminer leurs longitudes écliptiques.

1.14.4. Ligne des nœuds

A l'aide des données de l'annexe, déterminer le moment où la Lune a traversé le plan de l'écliptique et tracer la ligne des nœuds[2] sur le graphique.

Donner ces résultats dans le compte-rendu et joindre la fiche 2 complétée.

[2] La ligne des nœuds est l'intersection du plan de l'écliptique et de celui de l'orbite lunaire.

Annexe A – Rétrogradation de Mars

Dans les tableaux ci-après, les positions des astres dans la région du zodiaque sont données en **longitudes écliptiques héliocentriques**[3].

1.15. Utilisation du logiciel de simulation des mouvements planétaires (facultatif)

Pour se servir du logiciel, se conformer au mode d'emploi (à côté de l'ordinateur).

1.16. Utilisation du planétaire

Pour se servir du planétaire, se conformer au mode d'emploi qui lui est joint.

1.17. Longitudes héliocentriques de la Terre et de Mars en 1989-1991

Date	Terre (en °)	Mars (en °)
15-09-90	351.9	23.5
25-09-90	1.7	29.5
09-10-90	15.4	37.6
21-10-90	27.3	44.5
07-11-90	44.3	54.0
27-11-90	64.5	64.9
14-12-90	81.7	73.8
01-01-91	100.1	83.0
15-01-91	114.3	89.9
29-01-91	128.6	96.7
17-02-91	147.8	105.8
03-03-91	161.9	112.3
13-03-91	171.9	116.9
30-03-91	188.8	124.6
05-04-91	194.7	127.3
22-06-91	270.1	161.6
13-01-89	112.8	67.0

1.18. Légende des diapositives

n° Dia	Date	Heure	Durée pose *(s)*	Film *(ISO)*	Commentaire
1	14-09-90	3h 10	10	800	Présentation des étoiles-repère (pas de planète dans le champ)
2	15-09-90	2h 05	15	1600	Mars entre Aldébaran et les Pléiades
3	25-09-90	23h 55	40	1600	Lever de Mars et du Taureau
4	09-10-90	21h 40	15	1600	Lever de la Lune peu après Mars et le Taureau
5	21-10-90	3h 20	30	1600	Mars est stationnaire (la rétrogradation commence)
6	07-11-90	20h 35	40	1600	Un avion traverse le champ pendant la pose
7	27-11-90	21h 05	17	1600	Soleil et Mars en opposition - Etoiles masquées par la luminosité de la Lune (derrière le toit)
8	14-12-90	22h 25	30	1600	Mars proche des Pléiades
9	01-01-91	19h 10	5	1600	Lever de la Lune. La rétrogradation se termine le lendemain.
10	15-01-91	23h 15	20	1600	Mars repart dans le sens direct.
11	29-01-91	20h 56	10	1600	La Pleine Lune est très voisine (dans le Cancer)
12	17-02-91	20h 00	25	1600	Légère brume.
13	03-03-91	19h 45	25	1600	L'éclat apparent de Mars a déjà diminué.
14	13-03-91	21h 05	240 (suivi)	1600	Technique de suivi : planche équatoriale manuelle
15	30-03-91	20h 30	15	1600	Mars au pied des Gémeaux.

[3] angles comptés dans le sens direct à partir du point vernal γ (longitudes écliptiques = angles entre le rayon Sγ et la position de l'astre)

16	05-04-91	23h 30	30	1600	Coucher du Taureau derrière une colline.
17	22-06-91	23h 06	10	400	Feux d'artifice de la St Jean. Conjonction de Vénus (brillante) et de Mars (très petite). A droite Jupiter, à gauche Régulus (l'avant du Lion).
18	13-01-89	20h 30	52 (f=28 mm)	1600	Mars vient de terminer la boucle précédente dans les Poissons. Jupiter, très brillante, dans le Taureau.
19	xxxxxxx	xxxxxxx	environ 6 mois	800	Simulation au planétarium de Reims : Mars avance devant les étoiles dont le mouvement diurne est arrêté.
20	14-09-91	3h 16-3h 26	660	800	Interruption en fin de pose pendant 1 min (avec un cache).

Annexe B – Orbite de la Lune

1.19. Description des documents

Les documents sont constitués de 13 photos de la Lune prises par Daniel Bardin durant les mois de juillet et août 1990, à l'observatoire de Marseille, au foyer primaire de la Lunette de Eichens (diamètre : 25 *cm* ; focale : 3 *m*). Les tirages ont été agrandis rigoureusement dans le même rapport (3,4).

1.20. Coordonnées géocentriques de la Lune (été 1990 / référentiel écliptique)

photo	date (1990)	longitude (°)	latitude (°)
1	30 07	231	-5,1
2	01 08	249	-4,7
3	02 08	267	-3,4
4	06 08	319	+1,0
5	09 08	1	+4,2
6	10 08	13	+4,8
7	12 08	41	+5,2
8	16 07	31	+5,2
9	18 07	60	+4,85
10	19 07	75	+4,2
11	20 07	90	+3,2
	21 07 à 0h		+2,18
	22 07 à 0h		+0,91
	23 07 à 0h		-0,39
12	26 07	172	-4,3
13	28 07	207	-5,2

1.21. Caractéristiques du mouvement de la Lune

excentricité : 0,055
demi grand axe : 384 400 *km*
inclinaison de l'orbite sur le plan de l'écliptique : 5,2°
période sidérale : 27,3216609 *j*
période synodique (lunaison) : 29,5305881 *j*